

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –

Part 8-6: Specifications for individual materials – Soft magnetic metallic materials

Matériaux magnétiques –

Partie 8-6: Spécifications pour matériaux particuliers – Matériaux métalliques magnétiquement doux

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-6:2016



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –

Part 8-6: Specifications for individual materials – Soft magnetic metallic materials

Matériaux magnétiques –

Partie 8-6: Spécifications pour matériaux particuliers – Matériaux métalliques magnétiquement doux

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.030

ISBN 978-2-8322-3674-1

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and abbreviations	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Abbreviations for test specimens	8
4 Classification.....	8
4.1 General.....	8
4.2 Alloy class A (irons)	9
4.3 Alloy class C (silicon steels).....	9
4.4 Alloy class E (nickel-iron alloys).....	9
4.5 Alloy class F (cobalt-iron alloys)	9
5 Designation	9
6 General requirements	9
6.1 Chemical composition and production process	9
6.2 Delivery condition	10
6.2.1 General	10
6.2.2 Form of supply.....	10
6.2.3 Surface condition.....	10
7 Technical requirements	10
7.1 Magnetic properties	10
7.2 Geometric characteristics and tolerances.....	11
7.2.1 Flat products: sheet, plate and strip	11
7.2.2 Cold-worked bar, rod and wire	11
7.2.3 Hot-finished bar	11
8 Inspection and testing.....	11
8.1 General.....	11
8.2 Selection of samples.....	12
8.2.1 General	12
8.2.2 Flat products	12
8.2.3 Long products.....	12
8.2.4 Wire.....	12
8.3 Magnetic properties	12
8.3.1 Magnetic testing, DC measurements.....	12
8.3.2 Magnetic testing, AC measurements.....	12
8.3.3 Test specimens	12
8.4 Geometric characteristics and tolerances.....	12
8.4.1 Thickness of flat products	12
8.4.2 Width of flat products	12
8.4.3 Flatness	12
8.4.4 Edge camber	13
8.4.5 Dimensions of long products	13
8.4.6 Straightness of long products	13
8.5 Retests	13
9 Complaints	13
10 Ordering information	13

11 Certification	13
Bibliography	20
Table 1 – Chemical composition of the alloy classes in accordance with IEC 60404-1	14
Table 2 – Minimum amplitude permeability requirements for sheet and strip – AC measurement (50 Hz or 60 Hz), sine flux conditions, thickness 0,05 mm to 0,38 mm	15
Table 3 – DC magnetic property requirements for bar, billet, rod, sheet, strip and wire, thickness or diameter greater than 0,05 mm – S.R., L.R. or E.S. specimen	16
Table 4 – Maximum permeability rise factor for sheet and strip – L.R. test specimen, AC measurement (50 Hz or 60 Hz)	17
Table 5 – Dimensional requirements for toroidal strip-wound cores	17
Table 6 – Tolerances on thickness of cold-rolled sheet and strip	18
Table 7 – Tolerances on width of sheet and strip	18
Table 8 – Tolerances on dimensions of cold-worked bar, rod and wire	19

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-6:2016

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –**Part 8-6: Specifications for individual materials –
Soft magnetic metallic materials****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60404-8-6 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1999 and Amendment 1:2007. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

Removal of Table 2b).

The text of this standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
68/528/CDV	68/552/RVC

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60404 series, published under the general title *Magnetic materials*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-6:2016

MAGNETIC MATERIALS –

Part 8-6: Specifications for individual materials – Soft magnetic metallic materials

1 Scope

This part of IEC 60404 specifies the general requirements, magnetic properties, geometric characteristics and tolerances as well as inspection procedures for pure iron, silicon-iron, nickel-iron and cobalt-iron. The materials are in the form of bar, billet, sheet, strip or wire. The alloys covered correspond to those defined by classes A, C1, C2, E1 to E4 and F1 to F3 in IEC 60404-1.

Magnetic materials used primarily for relays, iron and steel products, classified only by coercivity, are covered in IEC 60404-8-10. IEC 60404-8-10 is less restrictive in terms of magnetic properties than the irons (class A) and the silicon steels (classes C21 and C22) specified in this standard, but it gives more comprehensive dimensional tolerances.

Non-oriented and oriented silicon steels (C21 and C22) for industrial power frequency applications, classified by specific total loss, are covered in IEC 60404-8-3, IEC 60404-8-4 and IEC 60404-8-7.

Non-oriented and oriented thin magnetic materials for use at medium frequencies, classified by specific total loss, are covered in IEC 60404-8-8.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-121, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 121: Electromagnetism*

IEC 60050-131, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 131: Circuit theory*

IEC 60050-221, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 221: Magnetic materials and components*

IEC 60404-1, *Magnetic materials – Part 1: Classification*

IEC 60404-2, *Magnetic materials – Part 2: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel sheet and strip by means of an Epstein frame*

IEC 60404-4, *Magnetic materials – Part 4: Methods of measurement of d.c. magnetic properties of iron and steel*

IEC 60404-6, *Magnetic materials – Part 6: Methods of measurement of the magnetic properties of magnetically soft metallic and powder materials at frequencies in the range 20 Hz to 200 kHz by the use of ring specimens*

IEC 60404-7, *Magnetic materials – Part 7: Method of measurement of the coercivity of magnetic materials in an open magnetic circuit*

IEC 60404-8-3, *Magnetic materials – Part 8-3: Specifications for individual materials – Cold-rolled electrical non-alloyed and alloyed steel sheet and strip delivered in the semi-processed state*

IEC 60404-8-4, *Magnetic materials – Part 8-4: Specifications for individual materials – Cold-rolled non-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the fully-processed state*

IEC 60404-8-7, *Magnetic materials – Part 8-7: Specifications for individual materials – Cold-rolled grain-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the fully-processed state*

IEC 60404-8-8, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section 8: Specification for thin magnetic steel strip for use at medium frequencies*

IEC 60404-8-10, *Magnetic materials – Part 8-10: Specifications for individual materials – Magnetic materials (iron and steel) for use in relays*

IEC 60404-9, *Magnetic materials – Part 9: Methods of determination of the geometrical characteristics of magnetic steel sheet and strip*

IEC 60635, *Toroidal strip-wound cores made of magnetically soft material*

ISO 404, *Steel and steel products – General technical delivery requirements*

ISO 10474, *Steel and steel products – Inspection documents*

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

For the purpose of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-121, IEC 60050-131, IEC 60050-221 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

bar

solid product of uniform cross-section supplied in straight lengths

Note 1 to entry: The cross-section can be round, square, rectangular or regular polygonal.

Note 2 to entry: Flat: A bar of rectangular cross-section, rolled on the four faces, whose thickness is generally 5 mm or greater and whose width is not greater than 150 mm.

Note 3 to entry: Round: A bar of circular cross-section whose diameter is generally 8 mm or greater.

3.1.2

billet

solid product of uniform cross-section, which may be square, round or rectangular, with a width less than twice the thickness

3.1.3

heat

product of a furnace melt or of a number of melts that are mixed prior to casting

3.1.4

lot

material from the same heat, of the same form, produced at the same time and, if annealed, heat-treated together or sequentially in a continuous furnace

3.1.5

rod

cold-drawn product of uniform rectangular or round cross-section, supplied in straight lengths

3.1.6

sheet and plate

flat-rolled product of uniform cross-section, supplied in coils or cut lengths where the width is over 600 mm

Note 1 to entry: Sheets have a thickness under 5 mm and plates have a thickness over 5 mm.

3.1.7

straightness of long products

greatest distance between the bar and the line joining the two ends of the bar

3.1.8

strip

flat-rolled product of uniform cross-section, supplied in coils or cut lengths where the width is under 600 mm and the thickness under 5 mm

3.1.9

wire

rolled or drawn product of uniform round or rectangular cross-section, supplied in coils

3.2 Abbreviations for test specimens

Type E.S.: Elongated specimen for test samples, of circular, rectangular or polygonal cross-section, with a length to diameter ratio of at least 5/1, according to IEC 60404-7.

Type L.R.: Laminated rings stamped or etched from flat products (for magnetic head ring, a core with 10 mm outside diameter and 6 mm inside diameter can be used).

Type S.R.: Solid rings or square frames, formed or machined from solid material. The outside diameter of the ring shall be between 30 mm and 50 mm, with an outside/inside diameter ratio from 1,2 to 1,4.

NOTE Types L.R. and S.R. are only applicable to essentially isotropic materials.

Type S.W.: Strip-wound cores as defined by IEC 60635. For dimensional restrictions, see Table 5. The outside diameters of test cores are between 30 mm and 80 mm.

4 Classification

4.1 General

The materials covered by this document are classified according to the main alloying element and the content of this element. The subclassification takes into account the different uses of the alloys.

4.2 Alloy class A (irons)

This material is classified according to the maximum value of coercivity.

4.3 Alloy class C (silicon steels)

Alloy C1, in which the main alloying element is silicon with a content up to approximately 5 %, is classified according to the maximum value of coercivity.

Alloys C2, in which the main alloying element is silicon with a content up to approximately 5 %, are classified according to the shape of the hysteresis loop and the minimum amplitude permeability in an AC measurement (50 Hz or 60 Hz) with a L.R. specimen made of material with a thickness of 0,35 mm; the measuring point is $\hat{H} = 1,6 \text{ A/m}$.

4.4 Alloy class E (nickel-iron alloys)

These alloys are classified according to the shape of the hysteresis loop and the minimum amplitude permeability in an AC measurement (50 Hz or 60 Hz), under sine flux conditions, with a S.W. specimen made of material with a thickness of 0,10 mm.

4.5 Alloy class F (cobalt-iron alloys)

These alloys are classified according to the shape of the hysteresis loop and to the maximum value of coercivity.

5 Designation

The conventional designation of the materials comprises the following in the order given:

- a) the letter for the alloy class: A, C, E or F (see Table 1);
- b) the number according to the content of the main alloying element (see Table 1);
- c) for alloy classes C, E and F, the number 1 or 2 according to the shape of the hysteresis loop:
 - 1) = round (non-oriented)
 - 2) = rectangular (oriented by texture or by thermomagnetic treatment);
- d) a dash;
- e) depending on the alloy class, either the maximum value for the coercivity in amperes per metre or the peak value of the minimum permeability divided by 1 000 for a given magnetic field strength ($\hat{H} = 0,4 \text{ A/m}$ or $1,6 \text{ A/m}$) and a given thickness measured with a certain test specimen (see above under classification).

EXAMPLE:

E31-10: nickel-iron with 40 % to 51 % weight of nickel, a round hysteresis loop, and a minimum amplitude permeability of 10 000 at the peak value of the magnetic field strength $\hat{H}$ of 0,4 A/m at 50 Hz or 60 Hz for a strip-wound core made of a sheet with a thickness of 0,10 mm.

6 General requirements

6.1 Chemical composition and production process

The typical composition of each of the alloy classes covered by this document is given in Table 1.

The actual composition and production process are left to the discretion of the manufacturer, unless otherwise agreed between the manufacturer and purchaser, and specified in the order.

6.2 Delivery condition

6.2.1 General

The materials covered by this standard may be delivered in the hot-finished, cold-worked or annealed condition. The condition required shall be specified in the order.

6.2.2 Form of supply

Coils shall be of constant width and wound in such a manner that the edges are superimposed in a regular manner and the side faces of the coil are substantially flat. Coils shall be sufficiently tightly wound that they do not collapse under their own weight.

Coils can occasionally present welds or interleaves resulting from the removal of defective zones, subject to prior agreement between the parties. The value of the additional thickness due to the weld is subject to special agreement. If necessary, the marking of welds or interleaves may form the subject of a special agreement. For coils containing repair welds or interleaves, each part of the strip shall be of the same quality material.

The edges of parts welded together shall not be so much out of alignment as to affect the further processing of the material.

The mass of coils shall be agreed upon at the time of ordering.

6.2.3 Surface condition

The surface condition of sheets or strips shall be uniform, clean, and free from grease and rust.

Isolated imperfections such as scratches, blisters, etc. may be tolerated if the thickness remains within the tolerance limits and the manufacture or performance of the final product is not affected.

The nature of the surface condition will depend on the final treatment. For material in the hot-finished condition, the material exhibits a hot mill scale.

7 Technical requirements

7.1 Magnetic properties

Unless otherwise required by the order, the magnetic properties shall be determined for each lot of material on a representative sample taken from the lot and heat-treated in accordance with the recommendations of the manufacturer or as specified by the purchaser. Acceptance testing of sheets and strips shall be carried out by AC measurement of laminated rings (type L.R.) or strip-wound cores (type S.W.), or by DC measurement of either solid rings (type S.R.), laminated rings (type L.R.) or elongated specimens (type E.S.).

The properties shall meet the magnetic requirements specified in Tables 2 to 4 for the alloy, the magnetic grade and the thickness specified in the order. For intermediate thicknesses not given in the tables, the values for the next thicker group shall apply. It is not necessary to measure all of the properties. The required magnetic properties and test conditions shall be agreed between manufacturer and purchaser.

7.2 Geometric characteristics and tolerances

7.2.1 Flat products: sheet, plate and strip

7.2.1.1 Thickness

The thickness of cold-rolled sheet and strip shall not vary by more than the tolerances indicated in Table 6.

7.2.1.2 Width

The width of strip shall not vary by more than the tolerances indicated in Table 7.

7.2.1.3 Flatness

The wave factor, expressed as a percentage, shall not exceed 2 % and flatness shall be as agreed between manufacturer and purchaser.

7.2.1.4 Edge camber

The edge camber shall be as agreed between the manufacturer and the purchaser.

7.2.2 Cold-worked bar, rod and wire

The diameter, width and thickness tolerances shall be as specified in Table 8.

7.2.3 Hot-finished bar

Tolerances shall be as agreed between the manufacturer and the purchaser.

8 Inspection and testing

8.1 General

The materials defined by this standard are generally ordered with inspection in accordance with ISO 404. The purchaser shall specify, when ordering, the properties for which the verification shall be made, the type of inspection and the related document (see ISO 10474).

In the case of an order without inspection, as a dispensation from ISO 404, the manufacturer and the purchaser shall agree which property shall be certified, for example the maximum coercivity of the delivered material.

Each acceptance unit shall comprise not more than 23 t of the same grade and the same nominal dimensions. Different acceptance units can be adopted by special agreement.

For products supplied in coil form, each coil shall constitute an acceptance unit.

When the products are delivered in the form of slit coils, the test results applying to the parent unit of acceptance shall apply.

Except by special agreement, the same rules apply to the characteristics which are specifically specified.

8.2 Selection of samples

8.2.1 General

As far as possible only one sample for acceptance inspection shall be taken from each acceptance unit. The same sample shall serve to check the various properties by choosing a suitable order for the execution of the tests.

8.2.2 Flat products

In the case of coils, the first internal turn and the last external turn shall be regarded as wrapping and not as representative of the quality of the rest of the coil. The selection shall be made from the first internal or external turns, excluding the wrapping turn. The selection shall be made away from weld zones or interleaves. In the case of sheets or plates, the sample shall be taken from the upper part of the bundle.

8.2.3 Long products

The sample shall be taken from the bundle.

8.2.4 Wire

The sampling shall be carried out at the end of the coil.

8.3 Magnetic properties

8.3.1 Magnetic testing, DC measurements

Measurement of DC magnetic polarization, permeability and coercivity shall be in accordance with IEC 60404-4 and IEC 60404-7.

8.3.2 Magnetic testing, AC measurements

Measurement of AC magnetic polarization and amplitude permeability shall be in accordance with IEC 60404-2 and IEC 60404-6. Unless otherwise specified, a test frequency of 50 Hz or 60 Hz shall be used. When amplitude permeability measurements are made, the test conditions shall conform to sine flux (sine B).

8.3.3 Test specimens

The type of test specimens to be used for testing is indicated in Tables 2 to 4 by the abbreviations for test specimens given in 3.2.

8.4 Geometric characteristics and tolerances

8.4.1 Thickness of flat products

The measurement of thickness shall be made at any point 10 mm or more from the edges, except for widths less than 25 mm, which shall be measured at any point.

The measurement shall be made using a micrometer accurate to 1/100 mm.

8.4.2 Width of flat products

The width shall be measured perpendicularly to the longitudinal axis of the strip.

8.4.3 Flatness

The flatness (wave factor) of flat products shall be measured in accordance with IEC 60404-9.

8.4.4 Edge camber

The edge camber shall be determined in accordance with IEC 60404-9.

8.4.5 Dimensions of long products

The dimensions of long products shall be determined as the mean of readings taken at any two points, with an accuracy of 0,1 mm.

8.4.6 Straightness of long products

The straightness shall be measured with an accuracy of 0,1 mm.

8.5 Retests

If a test specimen fails to meet the specified requirements, two further test specimens from the same lot shall be selected for testing. If both of the additional samples pass, the lot is regarded as complying with the requirements of this standard. If either of the further test specimens fails, the lot shall be rejected.

The producer has the right, after retreatment, to present again for test acceptance those units which had been found not to comply with the order.

9 Complaints

Internal or external defects shall justify a complaint only if they are clearly prejudicial to the method of working or the judicious use of the material.

The user shall give the supplier the opportunity of convincing himself of the fairness of the claim by presenting the material in dispute and evidence for the complaint.

In all cases, the terms and conditions of complaint shall be in accordance with ISO 404.

10 Ordering information

For material to comply adequately with the requirements of this standard, the purchaser shall include the following information in his enquiry or order:

- a) nature of the product and the designation of the material in accordance with Clause 5;
- b) quantity required, including any limitations on the mass of coils (see 6.2.2);
- c) inspection procedure required, including the nature of the related documents (see 8.1 and Clause 11);
- d) type of tolerances when necessary (see 7.2);
- e) the following additional requirements, which shall be specified by the purchaser at the time of order; in the case where nothing is specified, the producer shall consider that there are no particular requirements on this point:
 - presence of welds or interleaves, and their possible marking (see 6.2),
 - delivery of materials in the fully processed condition (see 6.2).

11 Certification

When required by the purchaser and stated in the order (see Clause 10), the manufacturer shall certify that the material has been manufactured and tested in accordance with the requirements of this standard. The certificate shall detail the results of all tests required by the order.

Table 1 – Chemical composition of the alloy classes in accordance with IEC 60404-1

Alloy class	Constituents in accordance with IEC 60404-1	Typical compositions ^a Mass fraction in %						
		Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Si	V
A	100 Fe	–	–	–	–	–	–	–
C1	≤ 5 Si	–	–	–	–	–	2 – 4,5	–
C21	≤ 5 Si	–	–	–	–	–	1 – 4,5	–
C22	approx. 3 Si	–	–	–	–	–	2,5 – 3,5	–
E1	70 – 85 Ni	–	2 – 3	1 – 6	–	75 – 80	–	–
		–	–	1 – 6	3 – 5	75 – 80	–	–
		–	–	–	3,5 – 6,5	79 – 82	–	–
E2	54 – 68 Ni	–	–	–	–	53 – 65	–	–
E3	40 – 51 Ni	–	–	–	–	42 – 50	–	–
E4	35 – 40 Ni	–	–	–	–	36 – 40	–	–
F1	47 – 50 Co	47,5 – 50	–	–	–	–	–	1,7 – 2,5
F2	35 Co	34,5 – 36	–	–	–	–	–	–
F3	23 – 28 Co	23 – 28	–	–	–	–	–	–

Typical compositions of each alloy class are shown as examples and other compositions are acceptable if the magnetic property requirements in this standard are satisfied.

a Remainder: iron.

Table 2 – Minimum amplitude permeability requirements for sheet and strip – AC measurement (50 Hz or 60 Hz), sine flux conditions, thickness 0,05 mm to 0,38 mm

Alloy class ^a	Magnetic grade	Measuring point $\hat{H}(A/m)$	Specimen	Minimum amplitude permeability for a thickness, in millimetres, of				
				0,35	0,20			
A		As agreed between manufacturer and purchaser						
C1		As agreed between manufacturer and purchaser						
C21	–9	1,6	L.R.	900	750			
C22	–13			1 300	--			
Alloy class ^a	Magnetic grade	Measuring point $\hat{H}(A/m)$	Specimen	Minimum amplitude permeability for a thickness, in millimetres, of				
				0,30 – 0,38	0,15 – 0,20	0,10	0,05	
E11	–30	0,4	L.R.	20 000	20 000	18 000	16 000	
	–60			40 000	40 000	35 000	30 000	
	–100			50 000	60 000	60 000	50 000	
	–200			80 000	100 000	100 000	100 000	
E31	–4	0,4		4 000	4 000	4 000	4 000	
	–6			6 000	6 000	6 000	6 000	
	–10			10 000	10 000	8 000	8 000	
E41	–2	0,8		2 200	2 200	2 200	2 200	
	–3			2 900	2 900	2 900	2 500	
E11	–30	0,4		S.W.	b	30 000	30 000	30 000
	–60				b	60 000	60 000	60 000
	–100				b	80 000	100 000	100 000
	–200				b	160 000	200 000	200 000
E31	–4	0,4			b	4 000	4 000	4 000
	–6				b	6 000	6 000	6 000
	–10				b	10 000	10 000	10 000
E41	–2	0,8	b		2 200	2 200	2 200	
	–3		b		2 900	2 900	2 500	
E21		As agreed between the manufacturer and the purchaser						
E32								
F1		As agreed between the manufacturer and the purchaser						
F2								
F3								

^a The second digit of the alloy class stands for the shape of the hysteresis loop:
1 = round (non-oriented);
2 = rectangular (oriented).

^b Type S.W. should not be used in this thickness range.

Table 3 – DC magnetic property requirements for bar, billet, rod, sheet, strip and wire, thickness or diameter greater than 0,05 mm^a – S.R., L.R. or E.S. specimen

Alloy class ^b	Magnetic grade			Maximum coercivity A/m	Minimum magnetic polarization in teslas for $\hat{H}$ in amperes per metre							
					100	200	300	500	1 000	4 000		
A	–240			240	–	–	1,15	1,30	–	1,60		
	–120			120	–	–	1,15	1,30	1,45	1,60		
	–80			80	–	1,10	1,20	1,30	1,45	1,60		
	–60			60	–	1,15	1,25	1,35	1,45	1,60		
	–20			20	1,15	1,25	1,30	1,40	1,45	1,60		
	–12			12	1,15	1,25	1,30	1,40	1,45	1,60		
C1	–48			48	0,60	–	1,10	1,20	–	1,50		
	–24			24	1,20	–	1,30	1,35	–	1,50		
	–12			12	1,20	–	1,30	1,35	–	1,50		
Alloy class ^b	Magnetic grade	Measuring point $\hat{H}$ A/m	Minimum permeability for a thickness, in millimetres, of		Maximum coercivity in amperes per metre for a thickness, in millimetres, of		Minimum magnetic polarization in teslas for $\hat{H}$ in amperes per metre					
			0,05-1,5	>1,5	0,05-1,5	>1,5	20	50	100	500	800	
E11	–30	0,4	30 000	15 000	4	4	0,40	0,55	0,60	0,63	0,65	
	–60		60 000	30 000	2	4						
	–100		100 000	50 000	1	2	0,50	0,65	0,70	0,73	0,73	
E31	–4	0,4	4 000	3 000	12	12	0,50	0,90	1,00	1,30	1,40	
	–6		6 000	5 000	10	10						
	–10		10 000	7 000	6	6	0,50	0,90	1,10	1,35	1,40	
E41	–3	0,8	2 500	2 500	24	24	0,20	0,45	0,70	1,00	1,10	
E21		As agreed between the manufacturer and the purchaser										
E32												
Alloy class ^b	Magnetic grade	Supplied form	Dimensions mm	Maximum coercivity A/m	Minimum magnetic polarization in teslas for $\hat{H}$ in amperes per metre							
					300	800	1 600	2 800	4 000	8 000		
F11	–240	Bulk material ^c hot-rolled	> 6	240	1,40	1,70	1,90	2,00	2,06	2,15		
	–120	Rod, wire	$d \leq 6$	120	1,70	2,00	2,10	2,15	2,20	2,25		
		Sheet, strip	$0,05 \leq t \leq 2,0$	120	–	–	–	–	–	–		
	–60	Sheet, strip	$0,05 \leq t \leq 2,0$	60	1,80	2,10	2,20	2,23	2,25	2,25		
F12	–30	S.W.	$0,05 \leq t \leq 1,5$	30	As agreed between the manufacturer and the purchaser							
F21	–300	Bulk material ^c	> 6	300	–	1,20	1,30	1,35	–	–		
		Sheet, strip	$0,05 \leq t \leq 2,0$	300	–	1,50	1,60	1,80	2,00	2,20		
F31	–300	Bulk material ^c	> 6	300	–	–	–	–	1,10	1,75		
		Sheet, strip	$0,05 \leq t \leq 2,0$	300	–	–	–	–	1,85	2,00		

- ^a The properties for 0,05 mm to 2 mm thicknesses refer to sheet and strip only. For bar, billet, rod and wire with small cross-sections, magnetic polarization shall be determined on S.R. specimens taken at an earlier stage of manufacture.
- ^b The second digit of the alloy class stands for the shape of the hysteresis loop:
 1 = round (non-oriented);
 2 = rectangular (oriented by texture or thermomagnetic treatment).
- ^c Bulk materials comprise all type of hot rolled or hot forged materials. Cold rolled strips and sheets and cold-worked wires are not included.

**Table 4 – Maximum permeability rise factor for sheet and strip –
L.R. test specimen, AC measurement (50 Hz or 60 Hz)**

Alloy class	Magnetic grade	$\delta_{0,4}^a$ 10 ⁻² m/A	δ_8^b 10 ⁻² m/A
E41	–2	4,7	3,1
C21	–9	–	15,7
C22	–13	–	15,7

^a $\delta_{0,4} = (\mu_{1,6} - \mu_{0,4}) / (\mu_{0,4} \cdot \Delta H) = 0,833(\mu_{1,6} - \mu_{0,4}) / \mu_{0,4} \text{ (m/A)}$
^b $\delta_8 = (\mu_8 - \mu_{1,6}) / (\mu_{1,6} \cdot \Delta H) = 0,156(\mu_8 - \mu_{1,6}) / \mu_{1,6} \text{ (m/A)}$
 The indices denote the field strength, in amperes per metre (A/m).

Table 5 – Dimensional requirements for toroidal strip-wound cores

Ratio of dimensions	Alloy class	
	E11 – E41	E32
Outside/inside diameter (d_1/d_2)	1,2 – 1,6	1,2 – 1,6
Height/inside diameter (h/d_2)	0,2 – 1,1	0,2 – 1,1
Inside diameter/strip thickness (d_2/h)	> 100	> 100

Table 6 – Tolerances on thickness of cold-rolled sheet and strip

Thickness (<i>t</i>) mm	Tolerance in millimetres ^{a)} for nominal width <i>w</i> in millimetres			
	50 < <i>w</i> < 150	150 < <i>w</i> ≤ 300	300 < <i>w</i> ≤ 600	<i>w</i> > 600
0,05 ≤ <i>t</i> < 0,15	±5 %	±5 %	±7,5 %	±10 %
0,15 ≤ <i>t</i> < 0,25	±0,020	±0,020	±0,025	±0,030
0,25 ≤ <i>t</i> < 0,50	±0,025	±0,030	±0,030	±0,040
0,50 ≤ <i>t</i> < 0,75	±0,030	±0,045	±0,045	±0,050
0,75 ≤ <i>t</i> < 1,00	±0,030	±0,045	±0,045	±0,065
1,00 ≤ <i>t</i> < 1,25	±0,040	±0,045	±0,045	±0,065
1,25 ≤ <i>t</i> < 1,50	±0,040	±0,045	±0,045	±0,075
1,50 ≤ <i>t</i> < 1,75	±0,040	±0,050	±0,065	±0,075
1,75 ≤ <i>t</i> < 2,00	±0,040	±0,050	±0,065	±0,090
2,00 ≤ <i>t</i> < 2,25	±0,050	±0,055	±0,065	±0,100
2,25 ≤ <i>t</i> < 2,50	±0,050	±0,055	±0,065	±0,120

a) For thicknesses equal to or greater than 0,05 mm and smaller than 0,15 mm the tolerance is given in percent.

Table 7 – Tolerances on width of sheet and strip

Nominal thickness (<i>t</i>) mm	Tolerance in millimetres for nominal width <i>w</i> in millimetres			
	<i>w</i> < 125	125 ≤ <i>w</i> < 250	250 ≤ <i>w</i> < 400	400 ≤ <i>w</i> < 1 200
As rolled				
0,30 ≤ <i>t</i> < 6,00	3,0	3,5	4,0	4,5
With cut edges				
0,10 ≤ <i>t</i> < 0,40	+0,3 −0,0	+0,4 −0,0	+0,6 −0,0	+0,6 −0,0
0,40 ≤ <i>t</i> < 1,50	+0,4 −0,0	+0,6 −0,0	+0,8 −0,0	+0,8 −0,0
1,50 ≤ <i>t</i> < 2,50	+0,6 −0,0	+0,8 −0,0	+1,0 −0,0	+1,0 −0,0
2,50 ≤ <i>t</i> < 6,00	+0,8 −0,0	+1,0 −0,0	+1,2 −0,0	+1,2 −0,0

Table 8 – Tolerances on dimensions of cold-worked bar, rod and wire

Wire and rod		Bar	
Diameter (d) mm	Tolerance mm	Dimension (d) ^{a)} mm	Tolerance mm
$0,20 \leq d < 0,35$	$\pm 0,015$	$0,5 \leq d < 1,5$	+0,00 –0,06
$0,35 \leq d < 0,55$	$\pm 0,020$	$1,5 \leq d < 4,5$	+0,00 –0,05
$0,55 \leq d < 0,90$	$\pm 0,030$	$4,5 \leq d < 10$	+0,00 –0,08
$0,90 \leq d < 1,40$	$\pm 0,040$	$10 \leq d < 25$	+0,03 –0,05
$1,40 \leq d < 2,20$	$\pm 0,060$		
$2,20 \leq d < 3,50$	$\pm 0,080$		
$3,50 \leq d < 6,00$	$\pm 0,100$		
^{a)} Round: diameter. Hexagonal, square: distance between parallel surfaces Rectangular: width and thickness			

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-6:2016

Bibliography

ISO 286-1:2010, *Geometrical product specifications (GPS) – ISO code system for tolerances on linear sizes – Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-6:2016

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-6:2016

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives	26
3 Termes, définitions et abréviations	27
3.1 Termes et définitions	27
3.2 Abréviations pour les éprouvettes d'essai	28
4 Classification	29
4.1 Généralités	29
4.2 Alliage de classe A (fers purs)	29
4.3 Alliage de classe C (aciers au silicium)	29
4.4 Alliage de classe E (alliages fer-nickel)	29
4.5 Alliage de classe F (alliages fer-cobalt)	29
5 Désignation	29
6 Exigences générales	30
6.1 Composition chimique et procédé de fabrication	30
6.2 Conditions de livraison	30
6.2.1 Généralités	30
6.2.2 Forme de livraison	30
6.2.3 État de surface	30
7 Exigences techniques	30
7.1 Propriétés magnétiques	30
7.2 Caractéristiques géométriques et tolérances	31
7.2.1 Produits plats: tôle, plaque et bande	31
7.2.2 Barre, tige et fil travaillés à froid	31
7.2.3 Barre transformée à chaud	31
8 Contrôle et essais	31
8.1 Généralités	31
8.2 Choix des échantillons	32
8.2.1 Généralités	32
8.2.2 Produits plats	32
8.2.3 Produits longs	32
8.2.4 Fil	32
8.3 Propriétés magnétiques	32
8.3.1 Essais magnétiques, mesurages en courant continu	32
8.3.2 Essais magnétiques, mesurages en courant alternatif	32
8.3.3 Éprouvettes d'essai	32
8.4 Caractéristiques géométriques et tolérances	32
8.4.1 Épaisseur des produits plats	32
8.4.2 Largeur des produits plats	33
8.4.3 Planéité	33
8.4.4 Cambrage	33
8.4.5 Dimensions des produits longs	33
8.4.6 Rectitude des produits longs	33
8.5 Essais complémentaires	33
9 Réclamations	33
10 Indications à la commande	33

11 Certification	34
Bibliographie.....	40
Tableau 1 – Composition chimique des classes d’alliages selon l’IEC 60404-1	34
Tableau 2 – Exigences relatives à la perméabilité d’amplitude minimale pour tôles et bandes – mesurage en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz), conditions de flux sinusoïdal, épaisseur 0,05 mm à 0,38 mm	35
Tableau 3 – Exigences relatives aux propriétés magnétiques en courant continu pour barres, billettes, tiges, tôles, bandes et fils, épaisseur ou diamètre supérieur à 0,05 mm – Éprouvette S.R., L.R. ou E.S.	36
Tableau 4 – Facteur d’accroissement de la perméabilité maximale pour tôles et bandes – Éprouvette d’essai L.R., mesurage en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz)	37
Tableau 5 – Exigences dimensionnelles pour noyaux toroïdaux enroulés.....	37
Tableau 6 – Tolérances sur l’épaisseur des bandes et tôles laminées à froid.....	38
Tableau 7 – Tolérances sur la largeur des tôles et bandes.....	38
Tableau 8 – Tolérances sur les dimensions des barres, des tiges et des fils laminés à froid ..	39

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-6:2016

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

**Partie 8-6: Spécifications pour matériaux particuliers –
Matériaux métalliques magnétiquement doux**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60404-8-6 a été établie par le comité d'études 68 de l'IEC: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1999 et l'Amendement 1:2007. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

Suppression du Tableau 2b).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
68/528/CDV	68/552/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60404, publiées sous le titre général *Matériaux magnétiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-6:2016

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 8-6: Spécifications pour matériaux particuliers – Matériaux métalliques magnétiquement doux

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60404 spécifie les exigences générales, les propriétés magnétiques, les caractéristiques géométriques et leurs tolérances, ainsi que les modes de contrôle pour le fer pur, le fer-silicium, le fer-nickel et le fer-cobalt. Les matériaux se présentent sous forme de barres, billettes, tôles, bandes ou fils. Les alliages concernés correspondent à ceux définis par les classes A, C1, C2, E1 à E4 et F1 à F3 de l'IEC 60404-1.

Les matériaux magnétiques employés principalement pour les relais, le fer et les produits en acier, classés seulement d'après leur coercitivité, sont couverts par l'IEC 60404-8-10. L'IEC 60404-8-10 est moins restrictive en termes de propriétés magnétiques que les spécifications de la présente norme pour les fers (classe A) et les aciers au silicium (classes C21 et C22), mais elle indique des tolérances dimensionnelles plus exhaustives.

Les aciers au silicium non orientés ou à grains orientés (C21 et C22) pour applications à fréquence industrielle, classés d'après leurs pertes spécifiques totales, sont traités dans l'IEC 60404-8-3, l'IEC 60404-8-4 et l'IEC 60404-8-7.

Les matériaux magnétiques en bandes minces, non orientés ou orientés, pour emploi aux fréquences moyennes, classés d'après leurs pertes spécifiques totales, sont couverts par l'IEC 60404-8-8.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-121, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 121: Électromagnétisme*

IEC 60050-131, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 131: Théorie des circuits*

IEC 60050-221, *Vocabulaire Électrotechnique International – Chapitre 221: Matériaux et composants magnétiques*

IEC 60404-1, *Magnetic materials – Part 1: Classification* (disponible en anglais seulement)

IEC 60404-2, *Matériaux magnétiques – Partie 2: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des tôles et bandes magnétiques en acier au moyen d'un cadre Epstein*

IEC 60404-4, *Matériaux magnétiques – Partie 4: Méthodes de mesure en courant continu des propriétés magnétiques du fer et de l'acier*

IEC 60404-6, *Matériaux magnétiques – Partie 6: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des matériaux métalliques et des matériaux en poudre magnétiquement doux, aux fréquences comprises entre 20 Hz et 200 kHz, sur des éprouvettes en forme de tore*

IEC 60404-7, *Matériaux magnétiques – Partie 7: Méthodes de mesure du champ coercitif des matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert*

IEC 60404-8-3, *Matériaux magnétiques – Partie 8-3: Spécifications pour matériaux particuliers – Tôles et bandes magnétiques en acier non allié et en acier allié, laminées à froid, livrées à l'état semi-fini*

IEC 60404-8-4, *Matériaux magnétiques – Partie 8-4: Spécifications pour matériaux particuliers – Bandes et tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état fini*

IEC 60404-8-7, *Matériaux magnétiques – Partie 8-7: Spécifications pour matériaux particuliers – Bandes et tôles magnétiques en acier à grains orientés, laminées à froid et livrées à l'état fini*

IEC 60404-8-8, *Matériaux magnétiques – Partie 8: Spécifications pour matériaux particuliers – Section 8: Spécification des tôles magnétiques extra-minces en acier pour utilisation à moyennes fréquences*

IEC 60404-8-10, *Matériaux magnétiques – Partie 8-10: Spécifications pour matériaux particuliers – Matériaux magnétiques (fer et acier) pour relais*

IEC 60404-9, *Matériaux magnétiques – Partie 9: Méthodes de détermination des caractéristiques géométriques des tôles magnétiques en acier*

IEC 60635, *Noyaux toroïdaux en feuillard bobiné en matériau magnétique doux*

ISO 404, *Aciers et produits sidérurgiques – Conditions générales techniques de livraison* (disponible en anglais seulement)

ISO 10474, *Aciers et produits sidérurgiques – Documents de contrôle* (disponible en anglais seulement)

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050-121, de l'IEC 60050-131, de l'IEC 60050-221, ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

barre

produit massif, de section uniforme, livré en longueurs droites

Note 1 à l'article: La section peut être circulaire, carrée, rectangulaire ou celle d'un polygone régulier.

Note 2 à l'article: Forme plate: barre de section rectangulaire, laminée sur ses quatre faces, dont l'épaisseur est généralement supérieure ou égale à 5 mm et dont la largeur ne dépasse pas 150 mm.

Note 3 à l'article: Forme ronde: barre de section circulaire dont le diamètre est généralement supérieur ou égal à 8 mm.

3.1.2

billette

produit massif de section uniforme, carrée, circulaire ou rectangulaire, dont la largeur est inférieure au double de l'épaisseur

3.1.3

coulée

produit de fusion dans un four ou de plusieurs fusions mélangées avant d'être coulées

3.1.4

lot

matériaux de la même coulée, de la même forme, produits en même temps et s'ils sont recuits, traités thermiquement simultanément ou séquentiellement, dans un four continu

3.1.5

tige

produit étiré à froid, de section uniforme, rectangulaire ou circulaire, livré en longueurs droites

3.1.6

tôle et plaque

produit plat laminé, de section uniforme, livré en bobines ou coupé à longueur pour lequel la largeur est supérieure à 600 mm

Note 1 à l'article: Les tôles ont une épaisseur inférieure à 5 mm et les plaques une épaisseur supérieure à 5 mm.

3.1.7

rectitude des produits longs

plus grande distance entre la barre et la ligne joignant les deux extrémités de la barre

3.1.8

bande

produit plat laminé, de section uniforme, livré en bobines ou coupé à longueur pour lequel la largeur est inférieure à 600 mm et l'épaisseur inférieure à 5 mm

3.1.9

fil

produit laminé ou tréfilé, de section uniforme, circulaire ou rectangulaire, livré en bobines

3.2 Abréviations pour les éprouvettes d'essai

Type E.S.: éprouvette de forme allongée pour échantillons d'essai, de section circulaire, rectangulaire ou polygonale, avec un rapport longueur sur diamètre d'au moins 5/1, suivant l'IEC 60404-7.

Type L.R.: rondelles de matériaux laminés découpées mécaniquement ou chimiquement dans des produits plats (pour un anneau de tête magnétique, il est possible d'utiliser un noyau de diamètre extérieur de 10 mm et de diamètre intérieur de 6 mm).

Type S.R.: anneaux massifs ou cadres, mis en forme ou usinés à partir d'un matériau massif. Le diamètre extérieur de l'anneau doit mesurer entre 30 mm et 50 mm, avec un rapport diamètre extérieur sur diamètre intérieur de 1,2 à 1,4.

NOTE Les types L.R. et S.R. sont applicables seulement aux matériaux sensiblement isotropes.

Type S.W.: noyaux enroulés tels que définis dans l'IEC 60635. Pour les restrictions dimensionnelles, voir le Tableau 5. Les diamètres extérieurs des tores d'essai mesurent entre 30 mm et 80 mm.

4 Classification

4.1 Généralités

Les matériaux couverts par le présent document sont classés suivant l'élément d'alliage principal et la teneur de cet élément. La sous-classification tient compte des différents emplois des alliages.

4.2 Alliage de classe A (fers purs)

Ce matériau est classé d'après la valeur maximale de coercitivité.

4.3 Alliage de classe C (aciers au silicium)

L'alliage C1, d'une teneur maximale d'environ 5 % en silicium, qui est l'élément d'alliage principal, est classé d'après la valeur maximale de coercitivité.

Les alliages C2, d'une teneur maximale d'environ 5 % en silicium, qui est l'élément d'alliage principal, sont classés d'après la forme du cycle d'hystérésis et la perméabilité d'amplitude minimale dans un mesurage en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz) sur une éprouvette de type L.R. d'un matériau de 0,35 mm d'épaisseur, le point de mesure étant pour $\square = 1,6$ A/m.

4.4 Alliage de classe E (alliages fer-nickel)

Ces alliages sont classés d'après la forme du cycle d'hystérésis et la perméabilité minimale d'amplitude dans un mesurage en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz), en conditions de flux sinusoïdal, sur une éprouvette de type S.W. d'un matériau de 0,10 mm d'épaisseur.

4.5 Alliage de classe F (alliages fer-cobalt)

Ces alliages sont classés d'après la forme du cycle d'hystérésis et la valeur maximale de coercitivité.

5 Désignation

La désignation conventionnelle des matériaux comprend ce qui suit dans l'ordre donné:

- a) la lettre désignant la classe d'alliage: A, C, E ou F (voir Tableau 1);
- b) le nombre correspondant à la teneur en élément d'alliage principal (voir Tableau 1);
- c) pour les classes d'alliage C, E et F, le nombre 1 ou 2 correspondant à la forme du cycle d'hystérésis:
 - 1) = arrondi (non orienté)
 - 2) = rectangulaire (orienté par texture ou par traitement thermomagnétique);
- d) un tiret;
- e) suivant la classe d'alliage, soit la valeur maximale de coercitivité en ampères par mètre, soit la valeur de crête minimale de la perméabilité minimale divisée par 1 000 pour une valeur de crête donnée de l'intensité du champ magnétique ($\hat{H} = 0,4$ A/m ou 1,6 A/m) et une épaisseur donnée, mesurée sur une éprouvette d'essai donnée (voir ci-dessus dans la partie Classification).

EXEMPLE:

E31-10: nickel-fer avec 40 % à 51 % en poids de nickel, cycle d'hystérésis rond et une perméabilité d'amplitude minimale de 10 000 pour la valeur de crête de l'intensité du champ magnétique $\hat{H}$ de 0,4 A/m pour 50 Hz ou 60 Hz pour un noyau enroulé en tôle de 0,10 mm d'épaisseur.

6 Exigences générales

6.1 Composition chimique et procédé de fabrication

La composition type de chacune des classes d'alliages couvertes par le présent document est donnée dans le Tableau 1.

La composition réelle et le procédé de fabrication sont laissés à la discrétion du fabricant, sauf accord particulier entre le fabricant et l'acheteur, et spécification dans la commande.

6.2 Conditions de livraison

6.2.1 Généralités

Les matériaux couverts par la présente norme peuvent être livrés transformés à chaud, travaillés à froid ou recuits. Les conditions de livraison exigées doivent être spécifiées dans la commande.

6.2.2 Forme de livraison

Les bobines doivent être de largeur constante et enroulées de telle sorte que les rives se superposent d'une façon régulière et que les faces latérales des bobines soient sensiblement plates. Les bobines doivent être enroulées de manière suffisamment serrées pour ne pas risquer de se déformer sous leur propre poids.

Les bobines peuvent occasionnellement comporter des soudures ou des raboutages résultant de l'élimination de zones défectueuses, sous réserve d'un accord préalable entre les parties. La surépaisseur due à la soudure est soumise à un accord particulier. Si nécessaire, le marquage des soudures ou des raboutages peut faire l'objet d'un accord particulier. Pour les bobines comportant des soudures de réparation ou des raboutages, chaque partie de la bande doit être d'un matériau de même qualité.

Les rives des parties soudées ensemble doivent être suffisamment bien alignées pour ne pas gêner le traitement ultérieur du matériau.

La masse des bobines doit faire l'objet d'un accord au moment de la commande.

6.2.3 État de surface

La surface des tôles ou des bandes doit être uniforme, propre, et exempte de graisse et de rouille.

Des imperfections isolées telles que des rayures, des cloques, etc. peuvent être tolérées si l'épaisseur reste dans les limites de tolérances et si la fabrication ou les performances du produit final n'en sont pas affectées.

La nature de l'état de surface dépend du traitement final. Pour les produits laminés à chaud, le matériau est recouvert de calamine.

7 Exigences techniques

7.1 Propriétés magnétiques

Sauf exigence contraire dans la commande, les propriétés magnétiques doivent être déterminées pour chaque lot de matériaux sur une éprouvette représentative prélevée dans le lot et traitée thermiquement suivant les recommandations du fabricant ou selon les spécifications de l'acheteur. Les essais de réception des tôles et des bandes doivent être réalisés, en courant alternatif, sur des rondelles de matériaux laminés (type L.R.) ou des

noyaux enroulés (type S.W.) ou bien, en courant continu, soit sur des anneaux massifs (type S.R.), soit sur des rondelles de matériaux laminés (type L.R.), soit sur des éprouvettes de forme allongée (type E.S.).

Les propriétés doivent satisfaire aux exigences magnétiques spécifiées dans les Tableaux 2 à 4 pour l'alliage, la nuance magnétique et l'épaisseur étant spécifiées dans la commande. Pour les épaisseurs intermédiaires non spécifiées dans les tableaux, les valeurs du groupe dont l'épaisseur est immédiatement supérieure doivent être appliquées. Il n'est pas nécessaire de mesurer toutes les propriétés. Les propriétés magnétiques exigées et les conditions d'essai doivent être soumises à un accord entre le fabricant et l'acheteur.

7.2 Caractéristiques géométriques et tolérances

7.2.1 Produits plats: tôle, plaque et bande

7.2.1.1 Épaisseur

L'épaisseur des tôles et des bandes laminées à froid ne doit pas dépasser les tolérances indiquées dans le Tableau 6.

7.2.1.2 Largeur

La largeur des bandes ne doit pas dépasser les tolérances indiquées dans le Tableau 7.

7.2.1.3 Planéité

Le facteur d'ondulation, exprimé en pourcentage, ne doit pas dépasser 2 % et la planéité doit être telle que convenue entre le fabricant et l'acheteur.

7.2.1.4 Cambrage

Le cambrage doit être tel que convenu entre le fabricant et l'acheteur.

7.2.2 Barre, tige et fil travaillés à froid

Les tolérances sur le diamètre, la largeur et l'épaisseur doivent être celles spécifiées dans le Tableau 8.

7.2.3 Barre transformée à chaud

Les tolérances doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

8 Contrôle et essais

8.1 Généralités

Les matériaux définis dans la présente norme sont généralement commandés avec contrôle conformément à l'ISO 404. L'acheteur doit spécifier, à la commande, les propriétés qui doivent être contrôlées, le type de contrôle et le document concerné (voir ISO 10474).

Dans le cas de commande sans contrôle, par dérogation à l'ISO 404, le fabricant et l'acheteur doivent convenir de la propriété qui doit être certifiée, par exemple la valeur maximale de coercitivité du matériau livré.

Chaque unité de réception doit être de moins de 23 t de la même nuance et des mêmes dimensions nominales. Des unités de réception différentes peuvent être adoptées par accord particulier.

Pour les produits livrés en bobines, chaque bobine doit constituer une unité de réception.

Quand les produits sont fournis en bobines refendues, les résultats des essais appliqués à l'unité de réception mère doivent s'appliquer.

Sauf accord particulier, les mêmes règles s'appliquent aux caractéristiques désignées spécifiquement.

8.2 Choix des échantillons

8.2.1 Généralités

Dans toute la mesure du possible, un seul échantillon doit être prélevé par unité de réception, pour le contrôle de réception. Le même échantillon doit servir pour contrôler les différentes propriétés en choisissant un ordre approprié pour l'exécution des essais.

8.2.2 Produits plats

Pour les bobines, la première spire intérieure et la dernière spire extérieure doivent être considérées comme faisant partie de l'emballage et non comme étant représentatives de la qualité du reste de la bobine. Le prélèvement doit être réalisé sur les premières spires internes ou externes, à l'exclusion des spires d'emballage. Le prélèvement doit être réalisé à distance des soudures ou des raboutages. Dans le cas des tôles ou plaques, l'échantillon doit être prélevé dans la partie supérieure du paquet.

8.2.3 Produits longs

L'échantillon doit être prélevé dans le paquet.

8.2.4 Fil

Le prélèvement doit être réalisé à l'extrémité de la bobine.

8.3 Propriétés magnétiques

8.3.1 Essais magnétiques, mesurages en courant continu

Les mesurages de polarisation magnétique, de perméabilité et de coercitivité, en courant continu, doivent être conformes à l'IEC 60404-4 et à l'IEC 60404-7.

8.3.2 Essais magnétiques, mesurages en courant alternatif

Les mesurages de polarisation magnétique et de perméabilité d'amplitude en courant alternatif doivent être conformes à l'IEC 60404-2 et à l'IEC 60404-6. Une fréquence d'essai de 50 Hz ou 60 Hz doit être utilisée, sauf spécification contraire. Lorsque des mesurages de perméabilité d'amplitude sont réalisés, les conditions d'essai doivent être conformes au flux sinusoïdal (sinus B).

8.3.3 Éprouvettes d'essai

Le type d'éprouvettes d'essai à utiliser est désigné dans les Tableaux 2 à 4 par les abréviations données en 3.2 pour les éprouvettes.

8.4 Caractéristiques géométriques et tolérances

8.4.1 Épaisseur des produits plats

L'épaisseur doit être mesurée en un point quelconque à 10 mm ou plus des rives, excepté pour les largeurs inférieures à 25 mm, qui doivent être mesurées en n'importe quel point.

Le mesurage doit être réalisé avec un micromètre précis au 1/100 mm.

8.4.2 Largeur des produits plats

La largeur doit être mesurée perpendiculairement à l'axe longitudinal de la bande.

8.4.3 Planéité

La planéité (facteur d'ondulation) des produits plats doit être mesurée conformément à l'IEC 60404-9.

8.4.4 Cambrage

Le cambrage doit être déterminé conformément à l'IEC 60404-9.

8.4.5 Dimensions des produits longs

Les dimensions des produits longs doivent être déterminées par la moyenne des mesures relevées en deux points quelconques, à 0,1 mm près.

8.4.6 Rectitude des produits longs

La rectitude doit être mesurée à 0,1 mm près.

8.5 Essais complémentaires

Si une éprouvette d'essai ne satisfait pas aux exigences spécifiées, deux nouvelles éprouvettes d'essai du même lot doivent être prélevées pour un nouvel essai. Si les deux échantillons additionnels sont satisfaisants, le lot est jugé conforme aux exigences de la présente norme. Si l'une des éprouvettes d'essai additionnelles n'est pas satisfaisante, le lot doit être refusé.

Après un nouveau traitement, le producteur a le droit de présenter de nouveau, à l'essai de réception, les unités ayant été jugées non conformes à la commande.

9 Réclamations

Des défauts internes ou externes ne doivent justifier une réclamation que s'ils sont manifestement préjudiciables à la mise en œuvre ou à l'emploi judicieux du matériau.

L'utilisateur doit pouvoir convaincre le fournisseur du bien-fondé de la réclamation en lui présentant le matériau objet du litige et des preuves à l'appui de la réclamation.

Dans tous les cas, les termes et conditions de la réclamation doivent être conformes à l'ISO 404.

10 Indications à la commande

Afin que le matériau satisfasse convenablement aux exigences de la présente norme, l'acheteur doit fournir les informations suivantes lors de sa demande d'informations ou à la commande:

- a) la nature du produit et la désignation du matériau suivant l'Article 5;
- b) la quantité exigée, y compris toute limitation sur la masse des bobines (voir 6.2.2);
- c) la procédure de contrôle exigée, y compris la nature des documents s'y rapportant (voir 8.1 et Article 11);
- d) le type de tolérances si nécessaire (voir 7.2);